

31353 U.S. PTO
10/773014

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 19 JUIN 2002

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04
Télécopie : 33 (1) 42 93 59 30
www.inpi.fr



1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

cerfa
N° 11354*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 W / 260899

REMISE DES PIÈCES DATE 06/08/2001 LIEU 99 N° D'ENREGISTREMENT 0110565 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 06-08-2001		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE Manufacture Française des Pneumatiques MICHELIN Jacques BAUVIR SGD/LG/PI - F35 - LADOUX 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 09	
V s références pour ce dossier (facultatif) P10-1380/JB/HS			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	Date
Demande de brevet initiale		N°	Date
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Méthode de détermination de composantes d'efforts subis par un pneumatique et du couple d'auto-alignement.			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input checked="" type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		Société de Technologie MICHELIN	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		4 1 4 6 2 4 3 7 9	
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	23 rue Breschet	
	Code postal et ville	63000	CLERMONT-FERRAND
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Page suite N° 1b . / 2 . .

REMISE DES PIÈCES DATE 06/08/2001 LIEU 99 N° D'ENREGISTREMENT 0110565 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI		Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire		DB 829 W / 260899	
Vos références pour ce dossier (facultatif)				P10-1380/JB/HS			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE				Pays ou organisation		N°	
				Date / /		N°	
				Pays ou organisation		N°	
5 DEMANDEUR				Pays ou organisation		N°	
				Date / /		N°	
				Pays ou organisation		N°	
Nom ou dénomination sociale				MICHELIN Recherche et Technique S.A.			
Prénoms							
Forme juridique				Société Anonyme			
N° SIREN							
Code APE-NAF							
Adresse		Rue		Route Louis Braille 10 et 12			
		Code postal et ville		1763		GRANGES-PACCOT	
Pays				SUISSE			
Nationalité				Suisse			
N° de téléphone (facultatif)							
N° de télécopie (facultatif)							
Adresse électronique (facultatif)							
5 DEMANDEUR							
Nom ou dénomination sociale							
Prénoms							
Forme juridique							
N° SIREN							
Code APE-NAF							
Adresse		Rue					
		Code postal et ville					
Pays							
Nationalité							
N° de téléphone (facultatif)							
N° de télécopie (facultatif)							
Adresse électronique (facultatif)							
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Pour MFPM - Mandataire 422-5/S.020 Jacques BAUVIR - Salarié MFPM				VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI M. BLANCANEUX			

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES DATE 06/08/2001 LIEU 99 N° D'ENREGISTREMENT 0110565 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réserve à l'INPI	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		P10-1380/JB/HS	
6 MANDATAIRE			
Nom			
Prénom			
Cabinet ou Société		Manufacture Française des Pneumatiques MICHELIN	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		PG 7107 et 7112	
Adresse	Rue	23, place des Carmes Déchaux	
	Code postal et ville	63040	CLERMONT-FERRAND CEDEX 09
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		04 73 10 73 68	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		04 73 10 86 96	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
7 INVENTEUR (S)			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :</i>	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		1	
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Pour MFPM - Mandataire 422-5/S.020 Jacques BAUVIR - Salarié MFPM		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI M. BLANCANEUX	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

La présente invention concerne les véhicules et la mesure des efforts exercés par la chaussée sur les pneumatiques des véhicules.

5 La présente invention concerne aussi les divers dispositifs d'assistance électronique utilisés par exemple pour la régulation antiblocage des freins d'un véhicule ou la régulation anti-patinage des roues motrices, le contrôle de trajectoire d'un véhicule ou encore pour d'autres formes de contrôle ou de surveillance comme la pression des pneumatiques.

10

Afin de contrôler le comportement d'un véhicule, on a cherché à déterminer certains paramètres de roulage. Ainsi, pour réduire le glissement longitudinal des roues, on a développé des systèmes de limitation du glissement (A.B.S., A.S.R.) capables de moduler le couple transmis à la roue par le moteur ou le frein en fonction du glissement
15 déduit des variations de vitesse de rotation de chaque roue. On a aussi proposé de mesurer la torsion (déformation angulaire circonférentielle) des flancs d'un pneumatique pour déterminer les variations du couple transmis à la chaussée. Cette mesure, plus directe qu'une déduction à partir de la variation de la vitesse de rotation, peut permettre une régulation plus fine des systèmes de limitation du glissement.

20

On connaît aussi des systèmes (comme l'E.S.P.) qui agissent sur les freins ou sur la puissance motrice appliquée aux roues pour assurer que la trajectoire souhaitée par le conducteur est bien suivie par le véhicule. Pour ce faire, on mesure généralement simultanément la vitesse de lacet (vitesse de rotation du véhicule autour d'un axe
25 vertical), la vitesse de roulage, l'accélération transversale du véhicule et la position angulaire que le conducteur impose au volant.

L'invention part de l'observation que toutes les forces exercées par la chaussée sur le véhicule sont transmises par l'intermédiaire des roues. C'est le bilan de ces forces qui
30 conditionne les accélérations subies par le véhicule. Ainsi, la détermination de l'ensemble de ces forces pourrait permettre de se passer des différents capteurs cités plus haut ou de les compléter pour fournir une information plus complète.

La méthode de l'invention est basée sur la constatation du fait que les efforts agissant entre la bande de roulement du pneumatique et la chaussée provoquent une modification sensible et reproductible des contraintes de cisaillement dans le bourrelet. Ces contraintes de cisaillement, si l'on parvient à les mesurer isolément lors de la rotation du pneumatique en temps réel, peuvent permettre de connaître à chaque instant le sens et l'intensité des efforts agissant sur le pneumatique ainsi que le signe et l'intensité du couple d'auto-alignement exercé par le pneumatique.

10 L'invention propose une méthode de détermination d'au moins une des caractéristiques choisies parmi les trois composantes d'une résultante d'efforts exercés par la chaussée sur l'aire de contact d'un pneumatique et le couple d'auto-alignement généré par le pneu, caractérisée en ce que ladite caractéristique est déduite d'au moins une mesure des contraintes en au moins un point fixe dans l'espace, situés dans un des bourrelets.

15 La suite de la description présente le cas où l'on mesure des contraintes de cisaillement. Cependant, cette approche ne doit pas être considérée comme limitative, d'autres mesures de contraintes comme par exemple des contraintes de flexion observées aux mêmes endroits pouvant aussi permettre de déterminer les mêmes caractéristiques.

20 Dans une mise en œuvre préférée, l'invention propose d'estimer la contrainte de cisaillement dans le bourrelet dans la direction circonférentielle. La mesure des contraintes de cisaillement peut par exemple être réalisée dans la zone d'ancrage de la carcasse dans le bourrelet, de préférence dans un composant de caoutchouc dont le module de Young est assez élevé, de préférence supérieur à 5 Mpa à 10% d'allongement. Par exemple, on implante un capteur dans le constituant en caoutchouc superposé à la tringle, comme montré aux dessins, ceci n'étant qu'un cas particulier parmi de nombreuses configurations possibles, selon la conception des pneumatiques.

30 La suite de la description explique plus en détails l'invention à l'aide des figures jointes dans lesquelles :



- la figure 1 est une perspective d'un pneu sur lequel on définit des conventions utiles à l'intelligence de l'invention ; La contrainte de cisaillement circonférentielle correspond au cisaillement entre la direction radiale (notée r sur la figure) et la direction circonférentielle (notée c sur la figure). Cette contrainte de cisaillement sera notée σ_{rs} ;
- les figures 2a et 2b montrent l'effet de la composante verticale F_z :
 - où la courbe pleine correspond à une charge verticale de 400 daN,
 - où la courbe en pointillés correspond à une charge verticale de 500 daN,
 - où la courbe en trait mixte correspond à une charge verticale de 300 daN ;
- les figures 3a et 3b montrent l'effet de la composante F_x :
 - où la courbe pleine correspond à une charge verticale de 400 daN et une absence de force F_x ,
 - où la courbe en pointillés correspond à une charge verticale de 400 daN et une force F_x de -400 daN (Freineur),
 - où la courbe en trait mixte correspond à une charge verticale de 400 daN et une force F_x de 400 daN (Moteur) ;
- les figures 4a et 4b montrent l'effet de la composante F_y :
 - où la courbe pleine correspond à une charge verticale de 400 daN sans effort F_y ,
 - où la courbe en pointillés correspond à une charge verticale de 400 daN avec un effort F_y de 280 daN,
 - où la courbe en traits mixtes correspond à une charge verticale de 400 daN avec un effort F_y de -280 daN ;
- la figure 5 montre l'architecture de réseau de neurones ;

- la figure 6 montre des exemples de fonction de transfert où les combinaisons linéaires en entrée sont facultatives. Il est possible d'utiliser un réseau à quatre sorties ou quatre réseaux à une sortie ou toute autre combinaison ;
- 5 • la figure 7 montre un exemple de capteur de contrainte de cisaillement constitué d'un corps d'épreuve en forme de « Té » inversé équipé de deux jauges de contraintes ;
- les figures 8 et 9 montrent un exemple d'implantation du capteur présenté à la figure 7 dans la région du bourrelet du pneu ;
- 10 • la figure 10 montre le signal temporel brut et filtré ;
- la figure 11 montre l'identification du passage dans l'aire de contact à partir du signal temporel ;
- 15 • la figure 12 montre un exemple de fonctionnement avec un capteur et un modèle ;
- la figure 13 montre un exemple de fonctionnement avec trois capteurs et un modèle ;
- 20 • la figure 14 montre un exemple de fonctionnement avec trois capteurs et deux modèles :
 - où les positions indiquées en traits pleins représentent les azimuts auxquels les mesures doivent être prises pour servir d'entrée au modèle 1,
 - 25 - où les positions indiquées en traits pointillés représentent les azimuts auxquels les mesures doivent être prises pour servir d'entrée au modèle 2,
 - où C1, C2 et C3 représentent les positions azimutales des capteurs sur le bourrelet d'un pneumatique.

30 La méthode décrite ici s'appuie sur le fait que chaque force appliquée au pneu dans l'aire de contact provoque une modification de la contrainte de cisaillement dans le

bourrelet. Considérons le cas d'un pneumatique monté sur sa roue et gonflé sur le premier bourrelet duquel on repère au niveau du bourrelet un point A. Sur le second bourrelet, au même azimut que A et sur le même rayon, on choisit un point B. En l'absence de forces appliquées sur le pneumatique, la contrainte de cisaillement est constante en fonction de l'angle de rotation de l'ensemble monté et correspond à la contrainte résiduelle du gonflage.

Lorsque le pneumatique est soumis à des forces, on observe les effets suivants pour chacune des composantes desdites forces :

10

- La composante verticale (dénommée F_z ici) plaque le pneumatique sur le sol. En créant une aire de contact, elle entraîne une variation de la contrainte de cisaillement au point A lorsque l'ensemble monté est en rotation. Les figures 2a et 2b indiquent la contrainte de cisaillement, respectivement au point A et au point B, en fonction de l'azimut auquel ils se trouvent. La ceinture du pneumatique est reliée au bourrelet par l'intermédiaire des flancs. L'augmentation de la composante verticale appliquée entraîne un déplacement vertical de la roue par rapport à la ceinture du pneumatique. Les flancs cisailent alors le bourrelet dans un sens opposé en entrée et en sortie de l'aire de contact. Il est aussi intéressant de constater que la contrainte de cisaillement reste nulle au à l'azimut du centre de l'aire de contact ainsi qu'au point opposé au centre de l'aire de contact.

20

- La composante horizontale dans la direction de roulage (dénommée F_x ici) est créée par un couple moteur ou freineur appliqué à la roue. Ceci se traduit par une rotation de la roue par rapport à la ceinture du pneumatique. Les flancs sont entraînés par la ceinture et cisailent le bourrelet sur l'ensemble des azimuts. Les figures 3a et 3b illustrent les effets de la composante F_x des forces appliquées, en indiquant la contrainte de cisaillement aux points A et B, en fonction de l'azimut auquel ils se trouvent. Lorsqu'une force F_x positive est appliquée (couple moteur), la contrainte de cisaillement telle qu'elle est définie diminue sur l'ensemble des azimuts sur les deux bourrelets. Lorsqu'une force F_x négative est appliquée (couple freineur), la contrainte de cisaillement augmente sur l'ensemble des azimuts sur les deux bourrelets.

30

- La composante horizontale dans la direction transverse (dénommée F_y ici) provoque principalement une différenciation des deux bourrelets. Les figures 4a et 4b illustrent les effets de ce type de sollicitation, en indiquant la contrainte de cisaillement aux points A et B, en fonction de l'azimut auquel ils se trouvent. Dans le cas d'une sollicitation avec F_y positif, l'un des bourrelets montre une augmentation de la contrainte de cisaillement du côté de l'entrée de l'aire de contact et une diminution du côté de la sortie. L'autre bourrelet montre une diminution de la contrainte de cisaillement du côté entrée d'aire de contact et une augmentation du côté sortie. Contrairement à l'application d'une charge, on observe pour l'application d'une force F_y une variation de la contrainte de cisaillement aux points d'azimut 180° et 0° dans des sens opposés sur les deux bourrelets.

Le couple d'auto-alignement N (moment autour de l'axe vertical) n'est pas à proprement parler un effort qui est imposé. Il s'agit plutôt d'une conséquence de la façon dont les composantes F_x , F_y et F_z sont appliquées dans l'aire de contact. Si le point d'application de la résultante ayant pour composantes F_x , F_y et F_z n'est pas le centre de l'aire de contact, cette résultante génère un moment autour de O_z que nous appelons couple d'auto-alignement. La présence de ce moment se traduit principalement par une rotation de l'aire de contact autour de O_z . Cet effet a pour conséquence par exemple augmentation de la contrainte de cisaillement dans un bourrelet à l'azimut du centre de l'aire de contact et une diminution de la contrainte de cisaillement dans l'autre bourrelet au même azimut par rapport à une situation à couple d'auto-alignement nul.

Avant de poursuivre par la description détaillée de plusieurs exemples où l'on procède toujours à la mesure des contraintes en au moins deux points fixes dans l'espace, remarquons qu'il existe au moins un cas où une mesure de contrainte dans un seul bourrelet permet d'estimer l'une des composantes d'une résultante d'efforts. En effet, comme on peut le voir sur les figures 2a, 2b, 3a, 3b, 4a et 4b, les composantes F_y ou F_z appliquées dans l'aire de contact n'ont aucun effet sur la contrainte de cisaillement mesurée à l'azimut opposé à l'aire de contact (azimut 0°). La mesure de la contrainte de cisaillement en ce point permet donc à elle seule une estimation de la composante F_x des efforts appliqués dans l'aire de contact.



Lorsque qu'une sollicitation qui mêle des composantes F_x , F_y et F_z est appliquée, on observe une superposition des effets énoncés précédemment sur la contrainte de cisaillement circonférentielle. Un des avantages de la méthode proposée est de
 5 permettre une séparation des contributions de chaque composante de la sollicitation appliquée, de manière à permettre une estimation de chacune de ces composantes.

L'approche utilisée s'appuie en partie sur des caractéristiques de parité remarquables qui correspondent aux symétries naturelles du pneu pour réaliser cette séparation.

10

Définissons l'azimut θ comme l'angle auquel on analyse la contrainte de cisaillement circonférentielle des bourrelets. L'origine de l'azimut est prise à l'opposé du centre de l'aire de contact. Le centre de l'aire de contact a donc l'azimut 180° .

15 Le signal de contrainte en fonction de l'azimut $s(\theta)$ peut alors se décomposer en deux signaux $s_p(\theta)$ et $s_i(\theta)$ tels que :

$$s(\theta) = s_p(\theta) + s_i(\theta)$$

$$s_i(180 + \theta) = -s_i(180 - \theta)$$

20 $s_p(180 + \theta) = s_p(180 - \theta)$

s_i est appelé partie impaire et s_p partie paire de s .

De même, soient $s^1(\theta)$ et $s^2(\theta)$ les signaux associés à la mesure de la contrainte de
 25 cisaillement circonférentielle sur chacun des côtés du pneu. On définit :

$$s^p(\theta) = \frac{s^1(\theta) + s^2(\theta)}{2}$$

$$s^i(\theta) = \frac{s^1(\theta) - s^2(\theta)}{2}$$

s^p est appelée partie paire en bourrelet et s^i partie impaire en bourrelet.

Notons que cette décomposition en parité suivant les bourrelets peut aussi bien s'appliquer à s_i et s_p . On obtient alors à partir d'une mesure réalisée sur chaque bourrelet
 5 quatre signaux s_i^i , s_i^p , s_p^i , s_p^p .

Les efforts F_x , F_y , F_z et le couple d'auto-alignement N sont de par leurs orientations liés à certaines symétries. En particulier, on peut utiliser ce principe pour découpler les effets des composantes efforts sur le pneu.

10

Ainsi, d'après les observations (figures 2a, 2b, 3a, 3b, 4a et 4b) le signal :

- s_p^p est majoritairement lié à la force F_x .
- s_i^i est majoritairement lié à la force F_y
- 15 • s_i^p est majoritairement lié à la force F_z

Les symétries qui s'appliquent permettent de plus d'affirmer que le signal s_p^i est principalement lié au couple d'auto-alignement N .

20 Fort de ces observations, la méthode explicitée ici propose de réaliser des mesures de la contrainte de cisaillement circonférentielle dans le bourrelet sur au moins un côté du pneumatique. Ces mesures permettent grâce à des opérations mathématiques (combinaisons linéaires ou non entre les mesures réalisées aux différents azimuts) d'estimer les valeurs des signaux s_i^p , s_p^i , s_p^p et s_i^i en certains azimuts et par là même de
 25 fournir une évaluation des composantes de la force appliquée.

Dans le but d'éclairer la démarche, on présente ici quelques exemples d'utilisation de la méthode qui ne sont pas exhaustifs et ne limitent en rien les configurations utilisables à celles listées ici.

30

Considérons le cas où les mesures sont réalisées sur un bourrelet uniquement.

Exemple 1 :

On souhaite estimer les composantes des efforts appliqués dans l'aire de contact et le couple d'auto-alignement à partir de mesures de la contrainte de cisaillement
 5 circonférentielle dans le bourrelet d'un bourrelet du pneumatique mesurée en trois azimuts. Les azimuts de mesure sont choisis de la manière suivante :

- Un des azimuts correspond au milieu de l'aire de contact ou l'azimut du point opposé à l'aire de contact (azimut 180°). Soit V_c la valeur mesurée à ce point.
- 10 • Les deux autres azimuts sont symétriques par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact. ($180^\circ + \alpha^\circ$ et $180^\circ - \alpha^\circ$). Soient V_1 et V_2 les valeurs mesurées en ces points.

D'après les observations précédentes :

15

- $V_2 - V_1$ permet d'estimer le déséquilibre entre l'entrée d'aire de contact et la sortie. Cette valeur sera principalement liée à la composante F_z . Une estimation de F_z est donnée par $f_z(r_2 V_2 - r_1 V_1)$ où r_1 et r_2 sont des coefficients réels positifs et f_z une fonction continue monotone.
- 20 • $V_c - (V_1 + V_2)$ permet d'estimer la différence entre le passage dans l'aire de contact et l'extérieur de l'aire de contact. Le résultat est ici principalement lié à F_y . Une estimation de F_y est donnée par $f_y(s_c V_c - (s_1 V_1 + s_2 V_2))$ où s_1 , s_2 et s_c sont des coefficients réels positifs et f_y une fonction continue monotone.
- $V_c + V_1 + V_2$ donne une indication sur le cisaillement global du bourrelet. Cette valeur
 25 sera principalement liée à la composante F_x de la force appliquée. Une estimation de F_x est donnée par $f_x(u_c V_c + u_1 V_1 + u_2 V_2)$ où u_1 , u_2 et u_c sont des coefficients réels positifs et f_x une fonction continue monotone.

Dans cet exemple, on estime quatre composantes (F_x , F_y , F_z et N) à partir de trois
 30 mesures de la contrainte de cisaillement circonférentielle. En effet, il existe des cas où le couple d'auto-alignement est directement et uniquement dépendant des composantes F_x ,

Fy et Fz. On peut alors l'estimer aussi. Dans le cas où le couple d'auto-alignement dépend d'autres paramètres, il est nécessaire de mesurer la contrainte de cisaillement circonférentielle dans le bourrelet en un nombre plus important d'azimuts.

5 Exemple 2 :

On souhaite estimer les composantes des efforts appliqués dans l'aire de contact et le couple d'auto-alignement à partir de mesures de la contrainte de cisaillement circonférentielle dans le bourrelet sur un côté du pneumatique mesurée en cinq azimuts.

10 Les azimuts de mesure sont choisis de la manière suivante :

- Un des azimuts correspond au milieu de l'aire de contact (azimut 180°) ou à l'opposé de l'aire de contact (azimut 0°). Soit V_c la valeur mesurée à ce point.
- Deux autres azimuts sont symétriques par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact. ($180^\circ + \alpha^\circ$ et $180^\circ - \alpha^\circ$). Soient V_1 et V_2 les valeurs mesurées en ces points.
- 15 • Les deux derniers azimuts sont symétriques par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact. ($180^\circ + \beta^\circ$ et $180^\circ - \beta^\circ$). Soient V_3 et V_4 les valeurs mesurées en ces points.

Des combinaisons de même nature mais un peu plus complexes que celles exposées dans l'exemple 1 permettent dans ce cas de déterminer les composantes F_x , F_y , F_z et N_y compris dans les cas où le couple d'auto-alignement n'est pas uniquement dépendant des composantes F_x , F_y et F_z .

20

Considérons maintenant le cas où les mesures sont réalisées sur les deux bourrelets.

25

Exemple 3 :

On souhaite estimer les composantes des efforts appliqués dans l'aire de contact et le couple d'auto-alignement à partir de mesures de la contrainte de cisaillement circonférentielle des deux bourrelets du pneumatique mesurée en deux azimuts sur chaque bourrelet. Les azimuts de mesure sont choisis de façon symétrique par rapport à

30

l'azimut du centre de l'aire de contact ($180^\circ + \alpha$ et $180^\circ - \alpha^\circ$). α doit être différent de 0° et 180° pour pouvoir estimer F_x . Soient V_1^1 et V_2^1 les valeurs mesurées à ces azimuts sur le premier bourrelet, et V_1^2 et V_2^2 les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second bourrelet.

5

Grâce à ces quatre valeurs, il est possible de déterminer les composantes en utilisant la décomposition suivant les parités en azimut et en bourrelet :

- $V_1^1 + V_1^2 + V_2^1 + V_2^2$ donne la composante paire en azimut et en bourrelet. Cette combinaison est donc directement liée à F_x . Une estimation de F_x est donnée par $f_x(a_1 V_1^1 + a_2 V_2^1 + b_1 V_1^2 + b_2 V_2^2)$ où a_1 , a_2 , b_1 et b_2 sont des coefficients réels positifs et f_x une fonction continue monotone.
- $V_1^1 + V_1^2 - (V_2^1 + V_2^2)$ donne la composante impaire en azimut et paire en bourrelet. Cette combinaison est donc directement liée à F_z . Une estimation de F_z est donnée par des coefficients réels $f_z(c_1 V_1^1 - c_2 V_2^1 + d_1 V_1^2 - d_2 V_2^2)$ où c_1 , c_2 , d_1 et d_2 sont des coefficients réels positifs et f_z une fonction continue monotone.
- $V_1^1 - V_1^2 + (V_2^1 - V_2^2)$ donne la composante paire en azimut et impaire en bourrelet. Cette combinaison est donc directement liée à N . Une estimation de N est donnée par $f_n(e_1 V_1^1 + e_2 V_2^1 - f_1 V_1^2 - f_2 V_2^2)$ où e_1 , e_2 , f_1 et f_2 sont des coefficients réels positifs et f_n une fonction continue monotone.
- $V_1^1 - V_1^2 - (V_2^1 - V_2^2)$ donne la composante impaire en azimut et impaire en bourrelet. Cette combinaison est donc directement liée à F_y . Une estimation de F_y est donnée par des coefficients réels $f_y(g_1 V_1^1 - g_2 V_2^1 - h_1 V_1^2 + h_2 V_2^2)$ où g_1 , g_2 , h_1 et h_2 sont des coefficients réels positifs et f_y une fonction continue monotone.

25

Par ce type de disposition, on utilise au maximum les symétries du pneumatique et on peut espérer une très bonne précision de la reconstruction des composantes de la sollicitation appliquée dans l'aire de contact.

30 Exemple 4 :

On souhaite estimer les composantes des efforts appliqués dans l'aire de contact et le couple d'auto-alignement à partir de mesures de la contrainte de cisaillement circonférentielle dans le bourrelet des deux côtés du pneumatique mesurée en trois azimuts sur chaque bourrelet. Les azimuts de mesure sont choisis de la manière suivante :

- Deux azimuts choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ($180^\circ + \alpha$ et $180^\circ - \alpha^\circ$). Soient V_1^1 et V_2^1 les valeurs mesurées à ces azimuts sur le premier bourrelet; et V_1^2 et V_2^2 les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second bourrelet.
- Un azimut correspondant au centre de l'aire de contact. Soient V_c^1 et V_c^2 les valeurs mesurées à ces azimuts. L'azimut qui correspond à l'opposé de l'aire de contact est utilisable de manière équivalente.

Le traitement est similaire à celui de l'exemple 3. Les valeurs V_c^1 et V_c^2 permettent une certaine redondance de l'information mais surtout une meilleure estimation de la composante F_x .

On obtient l'information sur F_x grâce à V_c^1 et V_c^2 et l'information sur F_z , F_y et N par V_1^1 , V_1^2 , V_2^1 et V_2^2 . On utilise ainsi une possibilité supplémentaire de découplage des différentes contributions.

Les combinaisons linéaires prises en exemple ci-dessus sont très rudimentaires et permettent uniquement de prendre en compte les effets principaux. Dans le but d'affiner les estimations des composantes des efforts et de prendre en compte le fonctionnement non linéaire du pneu, la méthode décrite fait appel à des fonctions de transfert plus évoluées pour relier les mesures aux estimations des efforts. Toute fonction d'interpolation permettant d'établir un lien entre les grandeurs mesurées et les valeurs des composantes de la sollicitation appliquée peut être utilisée dans ce cadre.

Bien que tous les exemples listés ici utilisent des azimuts de mesure choisis pour tirer parti au mieux des symétries du pneu et faciliter la reconstruction, le choix de la



position de azimuts auxquels les valeurs sont mesurées est libre (la symétrie des azimuts n'est pas en soi obligatoire) car toute combinaison d'un nombre suffisant de mesures permet une estimation des composantes de la sollicitation appliquée. Il est possible, dans ce cas de rechercher directement les fonctions donnant les composantes F_x , F_y , F_z et N en fonction des mesures de la contrainte de cisaillement circonférentielle dans le bourrelet d'un côté ou des deux côtés, en des azimuts connus. La détermination des fonctions de transfert n'est plus nécessairement basée sur l'analyse de la mécanique du pneumatique mais sur la réponse du pneumatique, en terme de contrainte de cisaillement circonférentielle dans le bourrelet d'un côté ou des deux côtés, aux efforts qu'il subit.

Que les azimuts de mesure soient choisis grâce à une analyse physique ou décidés de manière plus arbitraire, les réseaux de neurones semblent bien adaptés pour établir une fonction de transfert entre les mesures réalisées et les composantes des efforts F_x , F_y , F_z et N . Parmi les schémas les plus simples applicables, on peut retenir l'utilisation de réseaux à une couche de neurones cachés et une couche de neurones de sortie. Ces neurones cachés utilisent une fonction de transfert sigmoïde. Les neurones de sortie utilisent quant à eux une fonction de transfert linéaire (figure 5). La propriété de parcimonie de ce type de réseau employé comme approximateur est ici très intéressante. Il est possible d'utiliser un réseau par composante à estimer ou un réseau permettant grâce à plusieurs sorties d'estimer toutes les composantes.

Si les azimuts de mesure ont été choisis de manière à tirer parti des symétries ou de remarques physiques, il peut être intéressant de réaliser des combinaisons linéaires entre les grandeurs avant l'entrée dans le réseau. Dans ce cas, une analyse en composantes principales permettra de déterminer de façon judicieuse les coefficients de ces combinaisons et simplifiera le réseau de neurones nécessaire. On obtient l'architecture décrite sur la figure 6.

Concrètement, on opère de la façon suivante :

- La première étape consiste après avoir déterminé les azimuts de mesure à recueillir les valeurs de la contrainte de cisaillement circonférentielle dans le bourrelet d'un côté au moins, lors de sollicitations variées du pneumatique choisies de façon à couvrir tout le domaine dans lequel l'évaluation des efforts sera permise en utilisation normale. Les sollicitations choisies doivent aussi mettre en œuvre tous les couplages susceptibles d'être rencontrés lors d'une utilisation normale. L'ensemble de valeurs mesurées et des efforts associés (obtenus par un autre moyen de mesure) constitue la base d'apprentissage.
 - La seconde étape consiste à réaliser l'apprentissage des poids du réseau sur la base ainsi constituée. A l'issue de cette phase, on dispose des fonctions de transfert.
 - Une troisième étape consiste à tester les fonctions de transfert en confrontant les estimations des composantes d'effort aux efforts indiqués par un autre moyen de mesure.
- 15 Outre les réseaux de neurones, il est possible d'employer par exemple des fonctions polynomiales.

Naturellement, bien d'autres variables (en plus des mesures de la contrainte de cisaillement circonférentielle dans le bourrelet) peuvent être prises en compte selon le même principe pour améliorer l'efficacité de cette détermination (par exemple, la pression ou la température du pneumatique).

De manière générale, le nombre de points de mesure peut être plus important que les configurations minimales présentées dans les exemples et permettre un résultat plus précis ou plus sûr du fait de la redondance des informations disponibles.

La mesure de la contrainte de cisaillement dans le bourrelet 1 d'un côté ou des deux côtés du pneumatique peut se faire de n'importe quelle manière, par un dispositif externe ou un dispositif interne au pneu. A titre d'exemple, on décrit ici pour réaliser la mesure de la contrainte de cisaillement circonférentiel dans le bourrelet 1 l'utilisation d'un ou de capteurs 3 placés dans le pneu dans une zone 2 d'ancrage de la carcasse, et sont donc entraînés en rotation par le pneu.

Ce ou ces capteurs 3 intégrés au pneu et mesurant localement la contrainte de cisaillement circonférentielle du ou des bourrelets peuvent faire appel à n'importe quel principe physique de mesure. Il peut par exemple s'agir d'un corps d'épreuve 30 équipé de jauges de contraintes 31, par exemple résistives. Une déformation du corps d'épreuve se traduit par une modification de la résistance des jauges de contraintes 31 collées à sa surface (figures 7, 8 et 9). Les deux jauges 31 placées de part et d'autre du corps d'épreuve 30 fournissent alors par l'intermédiaire d'un pont de Wheatstone un signal fortement lié à la contrainte de cisaillement circonférentielle. S'il est actif, le capteur 3 peut être alimenté soit par le véhicule par téléalimentation soit par une batterie embarquée sur la roue ou dans le pneu ou par tout autre moyen. Tout est aussi possible en ce qui concerne la transmission de l'information vers le véhicule, par voie radio ou autre. Le capteur 3 en lui même doit pouvoir fournir une information en continu ou avec une fréquence de rafraîchissement suffisamment rapide par rapport à la période de rotation de la roue.

Cette approche utilisant un capteur 3 intégré au pneu a l'avantage de permettre une connaissance de la contrainte de cisaillement dans le bourrelet d'un côté ou des deux côtés, à tous les azimuts du pneumatique puisque un capteur 3, entraîné par le pneu, explore l'ensemble des azimuts lors d'une rotation de la roue.

La méthode de reconstruction des composantes des efforts étant basée sur la mesure de la contrainte de cisaillement circonférentielle à certains azimuts, se pose le problème de la localisation du capteur 3 pour extraire les valeurs aux bons azimuts.

Le capteur 3 est interrogé à une fréquence constante et connue. Il délivre donc un signal temporel de la variation de la contrainte de cisaillement circonférentielle locale. Un signal mesuré est présenté en figure 10. Sur ce signal temporel, On reconnaît aisément la signature d'un tour de roue que l'on a observée précédemment (figures 2a, 2b, 3a, 3b, 4a et 4b). Outre la signature de chaque tour de roue, ce signal est bruité. La première opération consiste à réduire ce bruit en appliquant un filtre passe bas dont la fréquence de coupure peut être liée à la vitesse de rotation de la roue.

Plusieurs cas de figure peuvent alors se présenter suivant les équipements disponibles :

- Si l'on dispose d'une mesure de la position angulaire de la roue, il est possible de connaître les instants auxquels le capteur 3 passe à l'azimut de mesure. La lecture des valeurs mesurées à ces instants fournit la valeur de la contrainte de cisaillement aux azimuts désirés. Cette mesure de la position angulaire de la roue peut, par exemple être obtenue par un comptage des transitions d'un capteur ABS de vitesse de rotation de la roue.
- Si aucun dispositif externe n'est disponible pour faciliter la localisation du capteur 3, on ne peut utiliser que le signal du capteur lui-même. L'invention propose d'utiliser le signal du capteur pour estimer la position angulaire de la roue.

Chaque passage du capteur 3 dans l'aire de contact a pour signature une variation rapide de la contrainte de cisaillement dans le bourrelet qui se traduit par une forte pente. En utilisant cette observation, il est possible de trouver les instants où le capteur 3 passe au centre de l'aire de contact. La méthode la plus simple pour réaliser cette opération consiste à dériver par rapport au temps le signal filtré de manière à connaître la pente à tout instant. Le signal dérivé obtenu présente un extremum lors du passage par le centre de l'aire de contact. Il est alors possible de réaliser un seuillage de ce signal dérivé et à rechercher les maxima parmi les valeurs supérieures à ce seuil (figure 11). Cette approche permet de ne pas détecter les maxima qui ne correspondent pas au passage dans l'aire de contact. Les instants où les extrema ont été localisés correspondent aux instants de passage du capteur 3 au centre de l'aire de contact.

A chaque détermination d'un nouveau passage dans l'aire de contact, la connaissance des instants des derniers passages (au moins 3 passages) permet d'estimer la vitesse de rotation de la roue et son accélération. Grâce à ces estimations, il est possible de reconstruire une évaluation de l'azimut auquel le capteur 3 se trouve en fonction du temps. Il devient alors possible d'extraire des mesures en fonction du temps les valeurs à certains azimuts.



Plusieurs possibilités s'offrent alors pour la mise en œuvre de la mesure. En effet, la détermination des composantes des efforts nécessite des mesures à plusieurs azimuts.

- Une première approche consiste à n'utiliser qu'un capteur 3 dans chaque bourrelet pour lequel on souhaite avoir des mesures. A chaque passage à une position requise, la valeur donnée par le capteur est prise en compte pour rafraîchir la mesure à l'azimut considéré. En faisant l'hypothèse que les composantes des efforts varient lentement par rapport à la vitesse de rotation de la roue, un seul capteur permet ainsi d'obtenir les mesures à tous les azimuts nécessaires à la reconstruction des efforts. La figure 12 présente ce type de fonctionnement avec un modèle (fonction de transfert) qui nécessite des mesures à trois azimuts (0° , 120° et 240°).
- Une seconde approche consiste à disposer plusieurs capteurs 3 sur la circonférence de façon à ce qu'au moins une fois par tour les capteurs se trouvent simultanément aux azimuts auxquels on désire réaliser une mesure. Il est ainsi possible d'obtenir une image de la déformation du pneu en différents azimuts à un instant donné ce qui ne nécessite plus que les efforts varient lentement par rapport à la rotation de la roue. Une variante de cette approche consiste à disposer les capteurs 3 de manière équi-répartie autour du pneu. Ainsi, dans le cas où l'on a placé N capteurs 3, la situation où les capteurs sont bien positionnés se produit au moins N fois par tour. La figure 13 présente ce type de fonctionnement avec trois capteurs qui tombent trois fois par tour sur les azimuts où la mesure doit être réalisée (0° , 120° et 240°).
- Enfin, il est possible de mixer les approches précédentes.

L'augmentation du nombre de capteurs permet en particulier :

- d'augmenter la fréquence de rafraîchissement de l'estimation des efforts
- d'augmenter la robustesse vis à vis des variations rapides des composantes des efforts appliqués dans l'aire de contact

Notons que plusieurs modèles peuvent être déterminés qui prennent en entrée les mesures à des azimuts différents. Même avec un unique capteur, il est ainsi possible d'obtenir plusieurs estimations à chaque tour de roue.

- 5 La figure 14 donne un exemple dans lequel trois capteurs sont utilisés. Deux fonctions de transfert sont déterminées. La première utilise des mesures à 0° , 120° et 240° , la seconde à 60° , 180° et 300° . Lorsque les capteurs tombent sur les positions de mesures désirées, la fonction de transfert peut être appliquée. En gérant convenablement les capteurs, il est même possible dans ce type de disposition de réaliser une estimation des efforts 6 fois par tour de roue. Ces estimations par plusieurs modèles peuvent être moyennées ou confrontées pour augmenter la précision et diminuer le bruit dans l'estimation des efforts.
- 10

REVENDICATIONS

- 5 1. Méthode de détermination d'au moins une des caractéristiques choisies parmi les trois composantes d'une résultante d'efforts exercés par la chaussée sur l'aire de contact d'un pneumatique et le couple d'auto-alignement généré par le pneu, caractérisée en ce que ladite caractéristique est déduite d'au moins une mesure des contraintes en au moins un point fixe dans l'espace, situé dans un des bourrelets.
- 10 2. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'on mesure des contraintes de cisaillement.
3. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'on utilise au moins trois
- 15 points fixes dans l'espace définis tels que :
- un des points corresponde à l'azimut du centre de l'aire de contact ou l'azimut du point opposé à l'aire de contact ;
 - les deux autres points soient symétriques par rapport à un plan vertical passant par le centre de l'aire de contact.
- 20 4. Méthode selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que l'on estime la mesure des contraintes dans un composant de caoutchouc dont le module de Young est supérieur à 5 Mpa à 10% d'allongement.
- 25 5. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ($180^\circ + \alpha$ et $180^\circ - \alpha^\circ$), avec α différent de 0° et 180° , V_1^1 et V_2^1 étant les valeurs mesurées à ces azimuts sur le premier bourrelet, et V_1^2 et V_2^2 les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second bourrelet, $f_x(a_1 V_1^1 + a_2 V_2^1 + b_1 V_1^2 + b_2 V_2^2)$ où a_1 , a_2 , b_1 et b_2 sont des
- 30 coefficients réels positifs et f_x une fonction continue monotone est une estimation de la composante F_x .

REVENDICATIONS

- 5 1. Méthode de détermination d'au moins une des caractéristiques choisies parmi les trois composantes d'une résultante d'efforts exercés par la chaussée sur l'aire de contact d'un pneumatique et le couple d'auto-alignement généré par le pneu, caractérisée en ce que ladite caractéristique est déduite d'au moins une mesure des contraintes en au moins un point fixe dans l'espace, situé dans un des bourrelets.
- 10 2. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'on mesure des contraintes de cisaillement.
- 15 3. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'on utilise au moins trois points fixes dans l'espace définis tels que :
 - un des points corresponde à l'azimut du centre de l'aire de contact ou l'azimut du point opposé à l'aire de contact ;
 - les deux autres points soient symétriques par rapport à un plan vertical passant par le centre de l'aire de contact.
- 20 4. Méthode selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que l'on estime la mesure des contraintes dans un composant de caoutchouc dont le module de Young est supérieur à 5 Mpa à 10% d'allongement.
- 25 5. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ($180^\circ + \alpha$ et $180^\circ - \alpha$), avec α différent de 0° et 180° , V_1^1 et V_2^1 étant les valeurs mesurées à ces azimuts sur le premier bourrelet, et V_1^2 et V_2^2 les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second bourrelet, $f_x(a_1 V_1^1 + a_2 V_2^1 + b_1 V_1^2 + b_2 V_2^2)$ où a_1 , a_2 , b_1 et b_2 sont des coefficients réels positifs et f_x une fonction continue monotone est une estimation de la composante F_x .
- 30

6. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ($180^\circ + \alpha$ et $180^\circ - \alpha^\circ$), avec α différent de 0° et 180° , V_1^1 et V_2^1 étant les valeurs mesurées à ces azimuts sur le premier bourrelet, et V_1^2 et V_2^2 les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second bourrelet, $f_z(c_1 V_1^1 - c_2 V_2^1 + d_1 V_1^2 - d_2 V_2^2)$ où c_1 , c_2 , d_1 et d_2 sont des coefficients réels positifs et f_z une fonction continue monotone, est une estimation de la composante F_z .
7. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ($180^\circ + \alpha$ et $180^\circ - \alpha^\circ$), avec α différent de 0° et 180° , V_1^1 et V_2^1 étant les valeurs mesurées à ces azimuts sur le premier bourrelet, et V_1^2 et V_2^2 les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second bourrelet, $f_n(e_1 V_1^1 + e_2 V_2^1 - f_1 V_1^2 - f_2 V_2^2)$ où e_1 , e_2 , f_1 et f_2 sont des coefficients réels positifs et f_n une fonction continue monotone est une estimation du couple d'auto-alignement N .
8. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ($180^\circ + \alpha$ et $180^\circ - \alpha^\circ$), avec α différent de 0° et 180° , V_1^1 et V_2^1 étant les valeurs mesurées à ces azimuts sur le premier bourrelet, et V_1^2 et V_2^2 les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second bourrelet, $f_y(g_1 V_1^1 - g_2 V_2^1 - h_1 V_1^2 + h_2 V_2^2)$ où g_1 , g_2 , h_1 et h_2 sont des coefficients réels positifs et f_y une fonction continue monotone est une estimation de la composante F_y .
9. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ($180^\circ + \alpha$ et $180^\circ - \alpha^\circ$), avec α différent de 0° et 180° , et V_1 et V_2 étant les valeurs mesurées en ces autres azimuts, $f_z(r_2 V_2 - r_1 V_1)$ où r_1 et r_2 sont des coefficients réels positifs et f_z une fonction continue monotone est une estimation de F_z .
10. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, un des azimuts correspondant au milieu de l'aire de contact (azimut 180°) et V_c la valeur mesurée à cet azimut, les

6. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ($180^\circ + \alpha$ et $180^\circ - \alpha^\circ$), avec α différent de 0° et 180° , V_1^1 et V_2^1 étant les valeurs mesurées à ces azimuts sur le premier bourrelet, et V_1^2 et V_2^2 les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second bourrelet, $f_z(c_1 V_1^1 - c_2 V_2^1 + d_1 V_1^2 - d_2 V_2^2)$ où c_1 , c_2 , d_1 et d_2 sont des coefficients réels positifs et f_z une fonction continue monotone, est une estimation de la composante F_z .
7. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ($180^\circ + \alpha$ et $180^\circ - \alpha^\circ$), avec α différent de 0° et 180° , V_1^1 et V_2^1 étant les valeurs mesurées à ces azimuts sur le premier bourrelet, et V_1^2 et V_2^2 les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second bourrelet, $f_n(e_1 V_1^1 + e_2 V_2^1 - f_1 V_1^2 - f_2 V_2^2)$ où e_1 , e_2 , f_1 et f_2 sont des coefficients réels positifs et f_n une fonction continue monotone est une estimation du couple d'auto-alignement N .
8. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ($180^\circ + \alpha$ et $180^\circ - \alpha^\circ$), avec α différent de 0° et 180° , V_1^1 et V_2^1 étant les valeurs mesurées à ces azimuts sur le premier bourrelet, et V_1^2 et V_2^2 les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second bourrelet, $f_y(g_1 V_1^1 - g_2 V_2^1 - h_1 V_1^2 + h_2 V_2^2)$ où g_1 , g_2 , h_1 et h_2 sont des coefficients réels positifs et f_y une fonction continue monotone est une estimation de la composante F_y .
9. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ($180^\circ + \alpha$ et $180^\circ - \alpha^\circ$), avec α différent de 0° et 180° , et V_1 et V_2 étant les valeurs mesurées en ces autres azimuts, $f_z(r_2 V_2 - r_1 V_1)$ où r_1 et r_2 sont des coefficients réels positifs et f_z une fonction continue monotone est une estimation de F_z .
10. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, un des azimuts correspondant au milieu de l'aire de contact (azimut 180°) et V_c la valeur mesurée à cet azimut, les

autres azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ($180^\circ + \alpha$ et $180^\circ - \alpha^\circ$), avec α différent de 0° et 180° , et V_1 et V_2 étant les valeurs mesurées en ces autres azimuts, $f_y(s_c V_c - (s_1 V_1 + s_2 V_2))$ où s_1 , s_2 et s_c sont des coefficients réels positifs et f_y une fonction continue monotone est une estimation de F_y .

11. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, un des azimuts correspondant au milieu de l'aire de contact (azimut 180°) et V_c la valeur mesurée à cet azimut, les autres azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ($180^\circ + \alpha$ et $180^\circ - \alpha^\circ$), avec α différent de 0° et 180° , et V_1 et V_2 étant les valeurs mesurées en ces autres azimuts, $f_x(u_c V_c + u_1 V_1 + u_2 V_2)$ où u_1 , u_2 et u_c sont des coefficients réels positifs et f_x une fonction continue monotone est une estimation de F_x .

12. Méthode de détermination d'au moins une des caractéristiques choisies parmi les trois composantes d'une résultante d'efforts exercés par la chaussée sur l'aire de contact d'un pneumatique et le couple d'auto-alignement généré par le pneu, comprenant les étapes suivantes :

- déterminer les azimuts de mesure et recueillir les valeurs de la contrainte de cisaillement circonférentielle dans le bourrelet d'un côté au moins, lors de sollicitations variées du pneumatique choisies de façon à couvrir tout le domaine dans lequel l'évaluation des efforts sera permise en utilisation normale, les sollicitations choisies provoquant tous les couplages susceptibles d'être rencontrés lors d'une utilisation normale,
- relever des valeurs mesurées et des efforts associés (obtenus par un autre moyen de mesure) pour constituer une base d'apprentissage,
- réaliser l'apprentissage des poids du réseau sur la base ainsi constituée, et ainsi obtenir des fonctions de transfert,
- tester les fonctions de transfert en confrontant les estimations des composantes d'effort aux efforts indiqués par un autre moyen de mesure.

autres azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ($180^\circ + \alpha$ et $180^\circ - \alpha^\circ$), avec α différent de 0° et 180° , et V_1 et V_2 étant les valeurs mesurées en ces autres azimuts, $f_y(s_c V_c - (s_1 V_1 + s_2 V_2))$ où s_1 , s_2 et s_c sont des coefficients réels positifs et f_y une fonction continue monotone est une estimation de F_y .

11. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, un des azimuts correspondant au milieu de l'aire de contact (azimut 180°) et V_c la valeur mesurée à cet azimut, les autres azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ($180^\circ + \alpha$ et $180^\circ - \alpha^\circ$), avec α différent de 0° et 180° , et V_1 et V_2 étant les valeurs mesurées en ces autres azimuts, $f_x(u_c V_c + u_1 V_1 + u_2 V_2)$ où u_1 , u_2 et u_c sont des coefficients réels positifs et f_x une fonction continue monotone est une estimation de F_x .



- 22 -

13. Méthode de détermination selon la revendication 12, utilisée pour déterminer les coefficients de l'une des méthodes selon les revendications 5 à 11.
- 5 14. Méthode selon la revendication 12, caractérisée en ce qu'on mesure des contraintes de cisaillement.

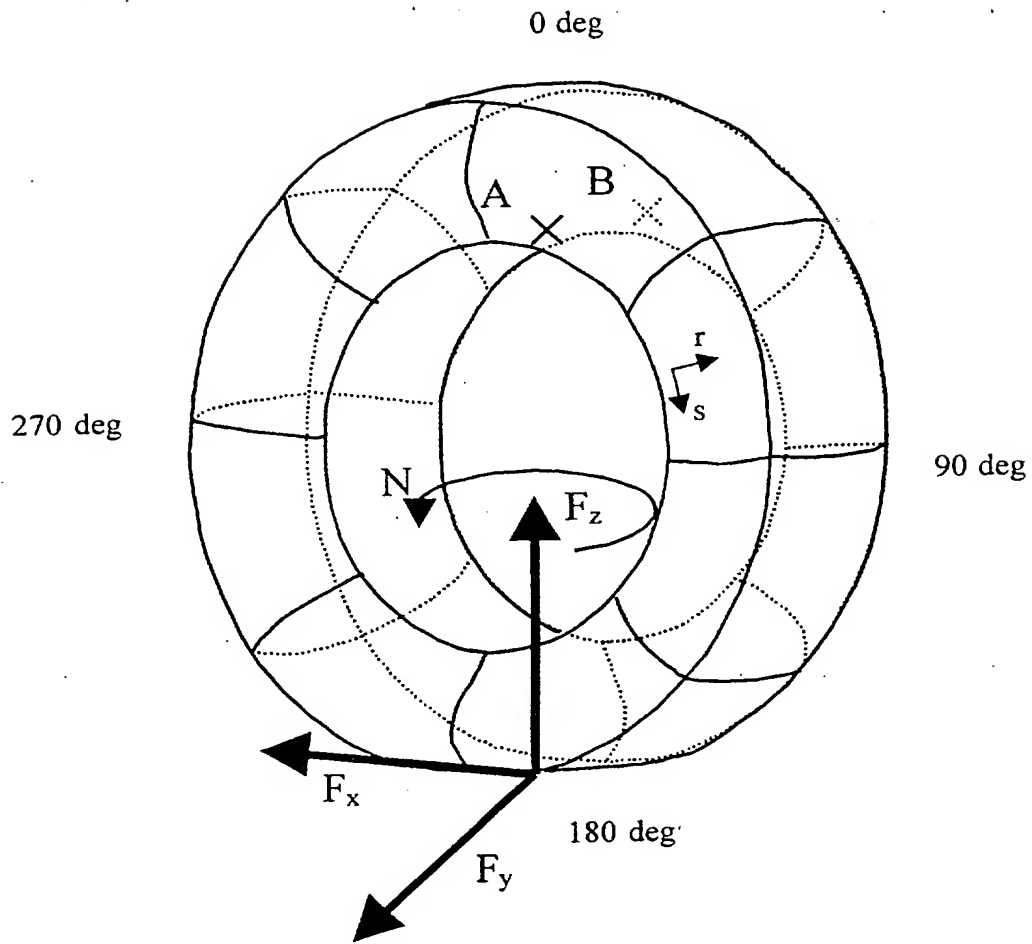
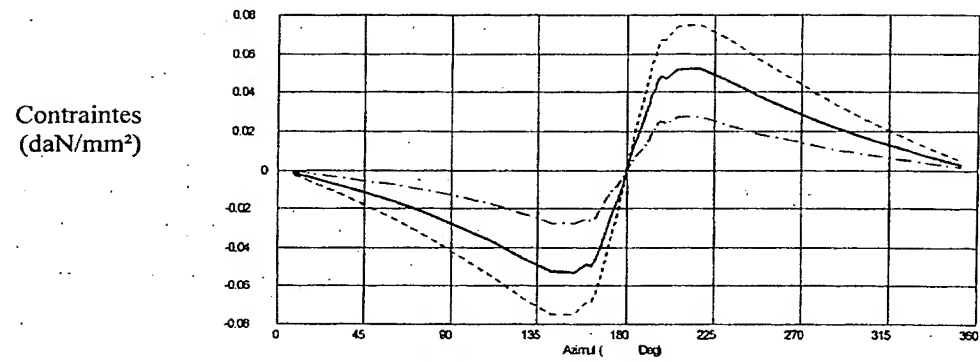
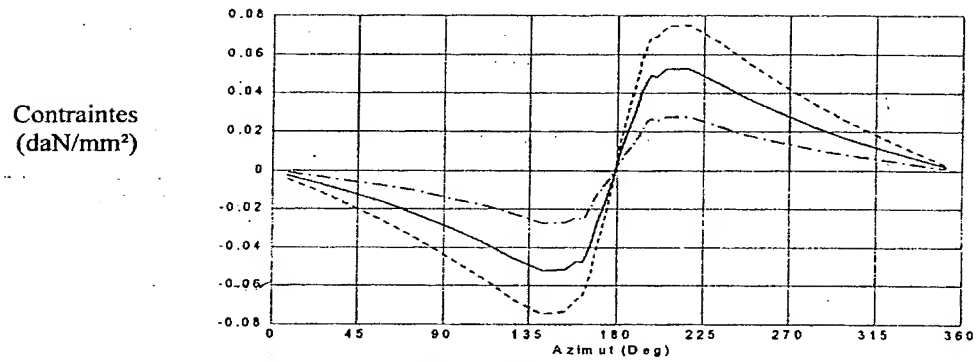


Figure 1

**Contraintes de cisaillement au point A****Figure 2a****Contraintes de cisaillement au point B****Figure 2b**

Contraintes de cisaillement au point A

Contraintes
(daN/mm²)

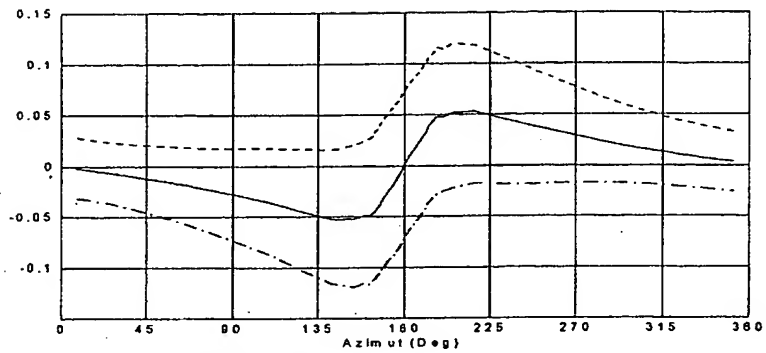


Figure 3a

Contraintes de cisaillement au point B

Contraintes
(daN/mm²)

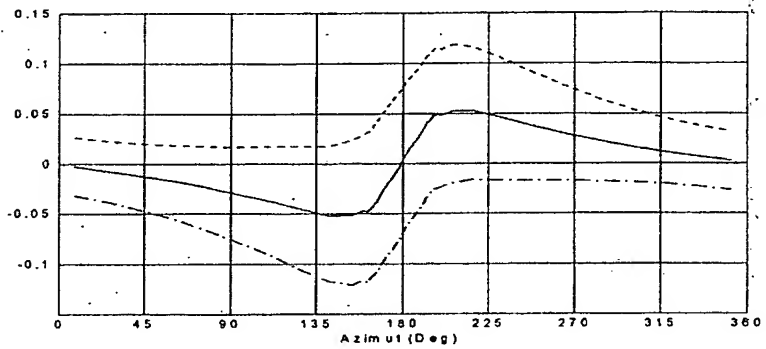


Figure 3b

Contraintes de cisaillement au point A

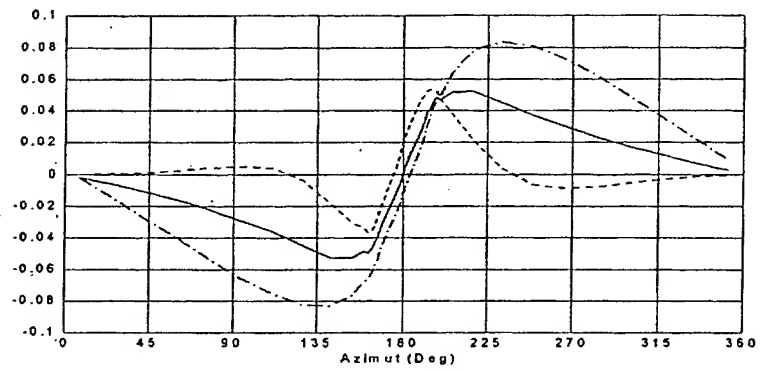
Contraintes
(daN/mm²)

Figure 4a

Contraintes de cisaillement au point B

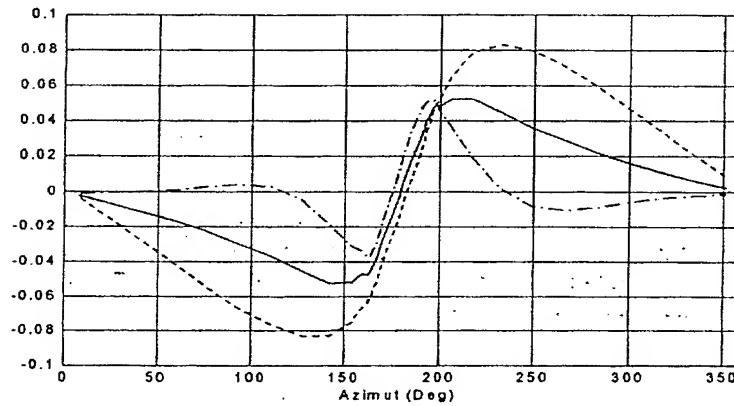
Contraintes
(daN/mm²)

Figure 4b

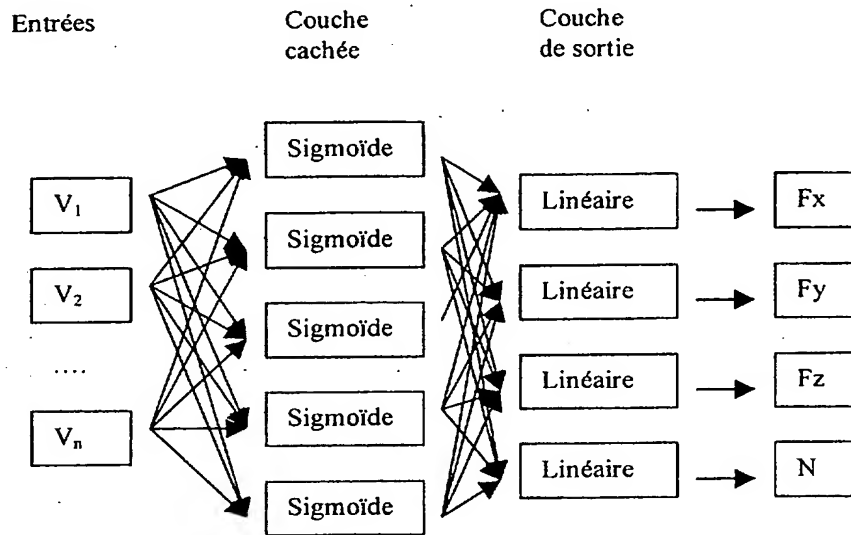


Figure 5

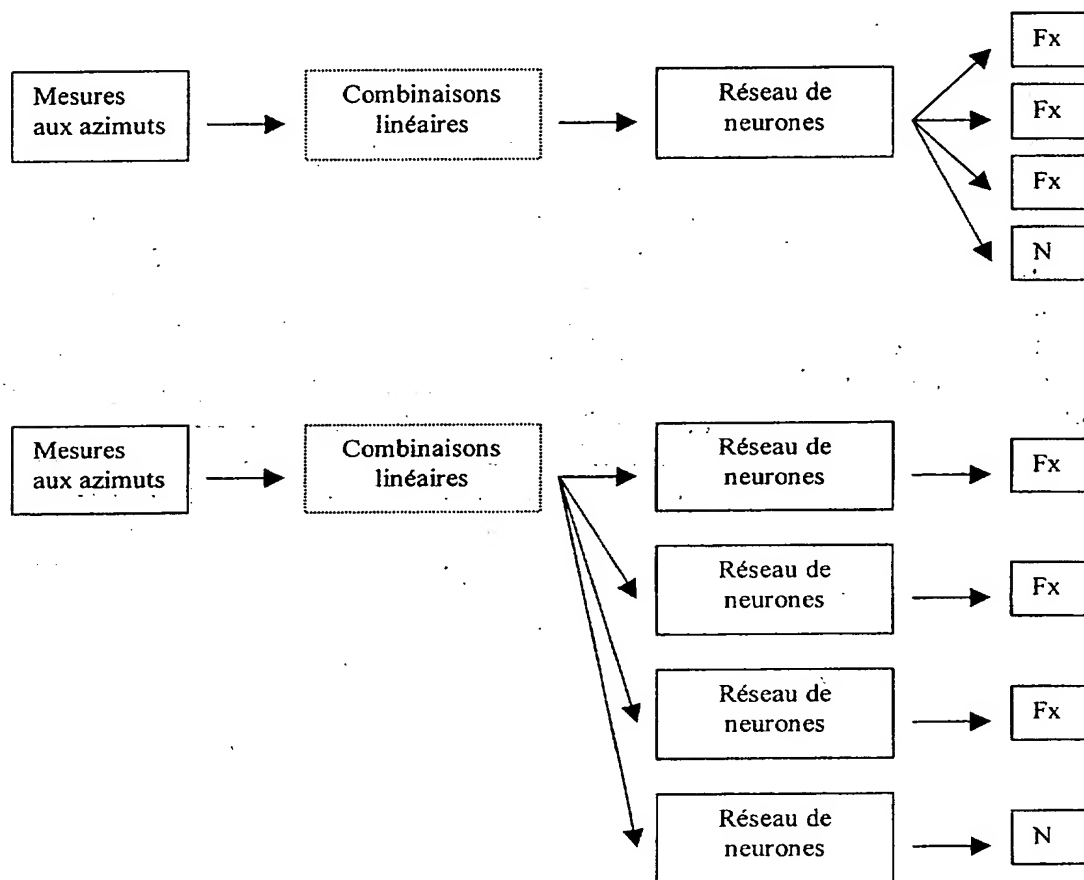


Figure 6

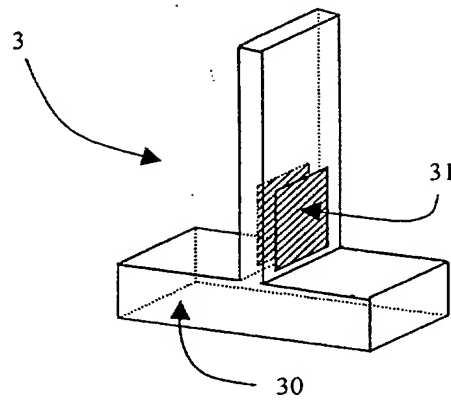


Figure 7

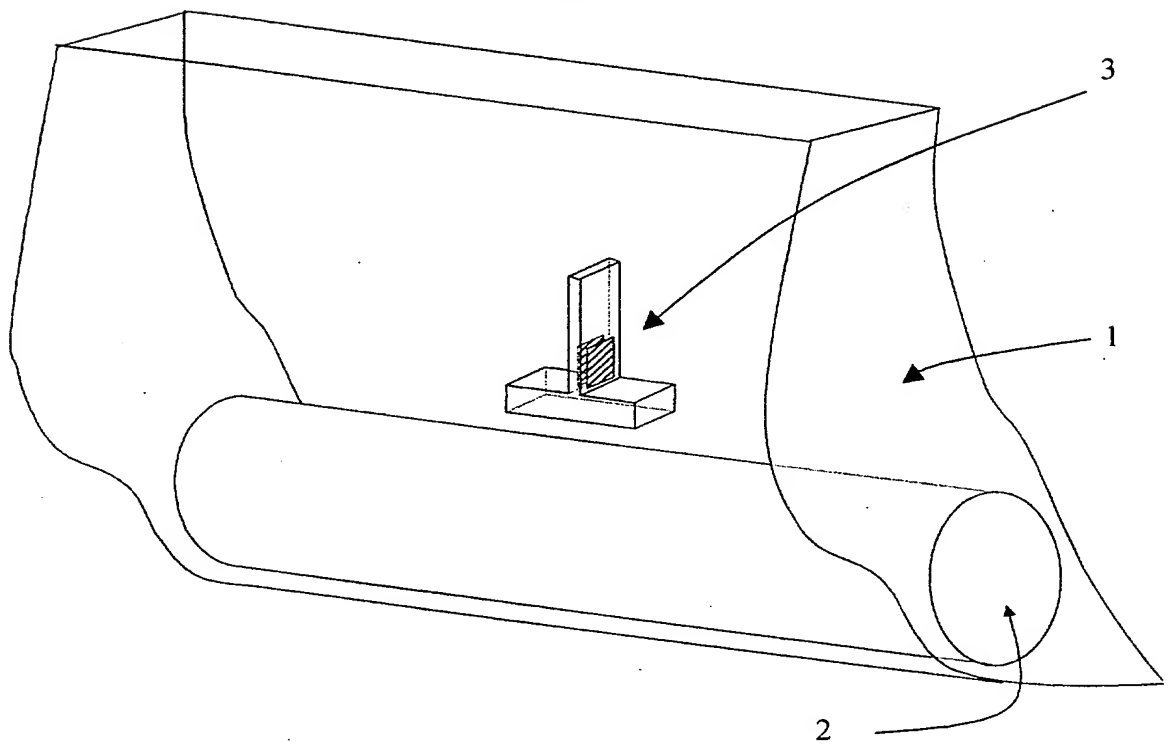


Figure 8

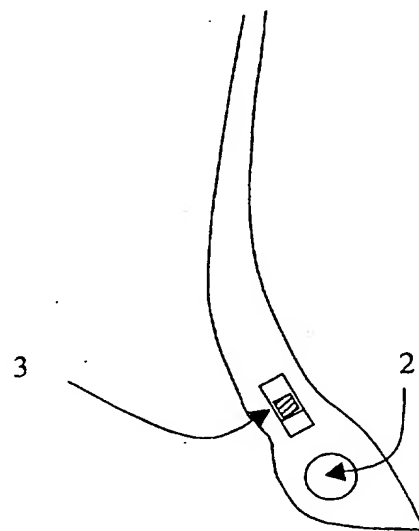
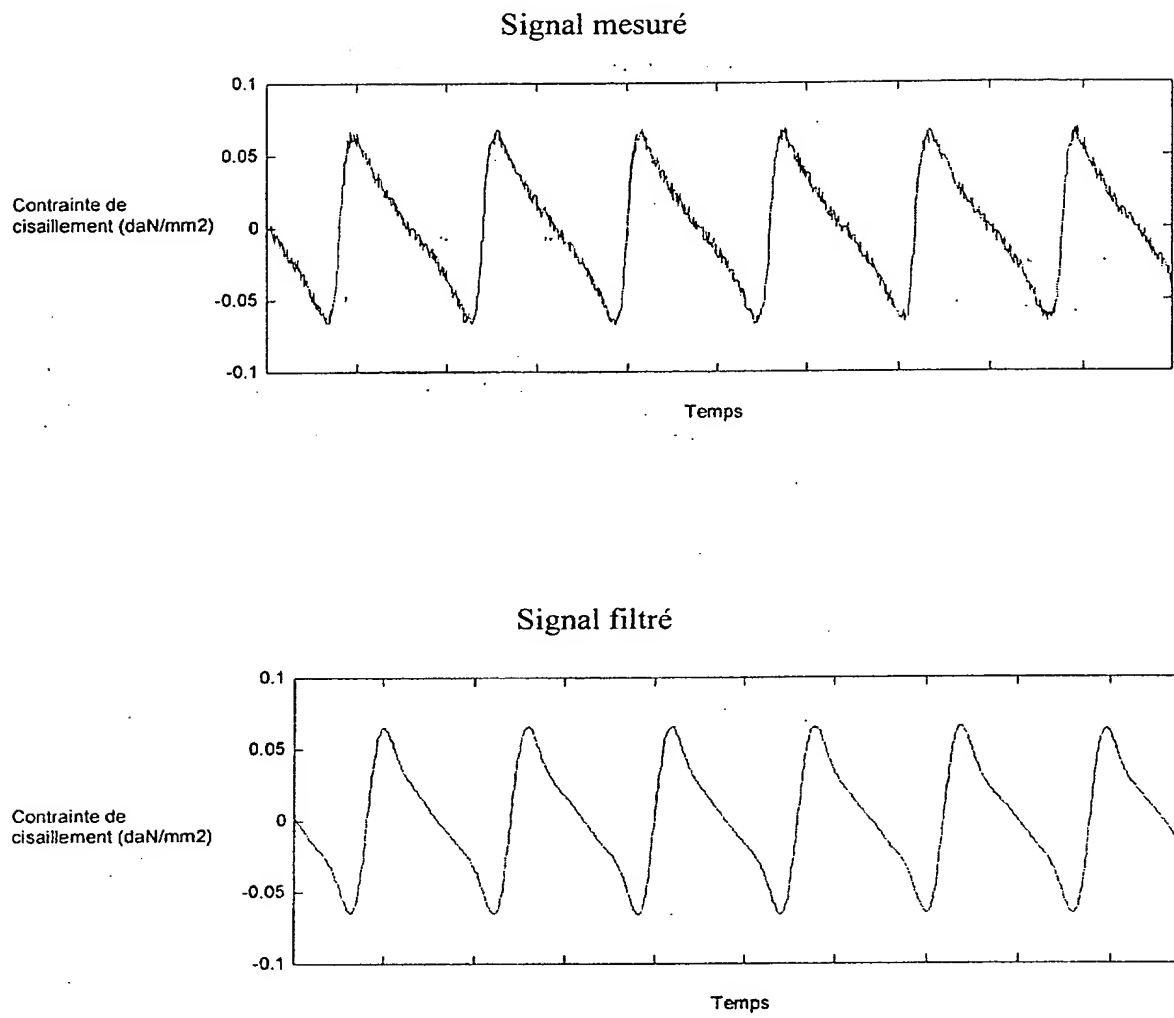


Figure 9

**Figure 10**

Principe du seuillage sur le signal dérivé

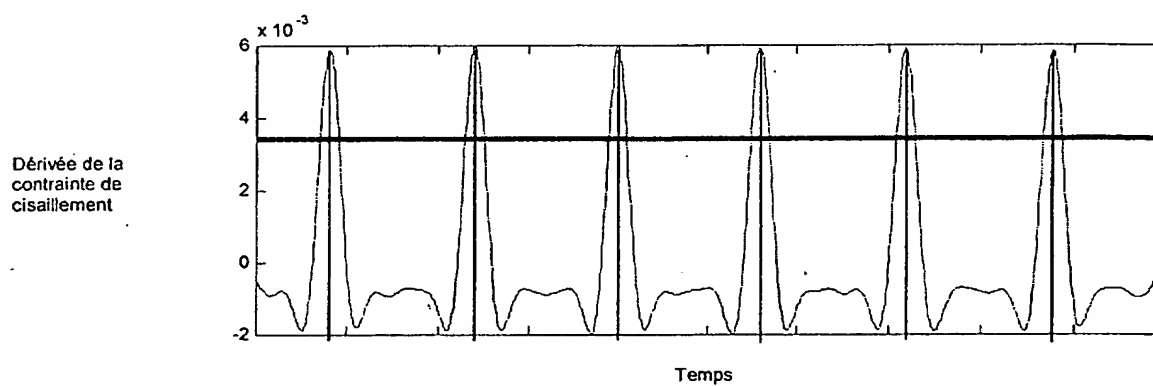


Figure 11

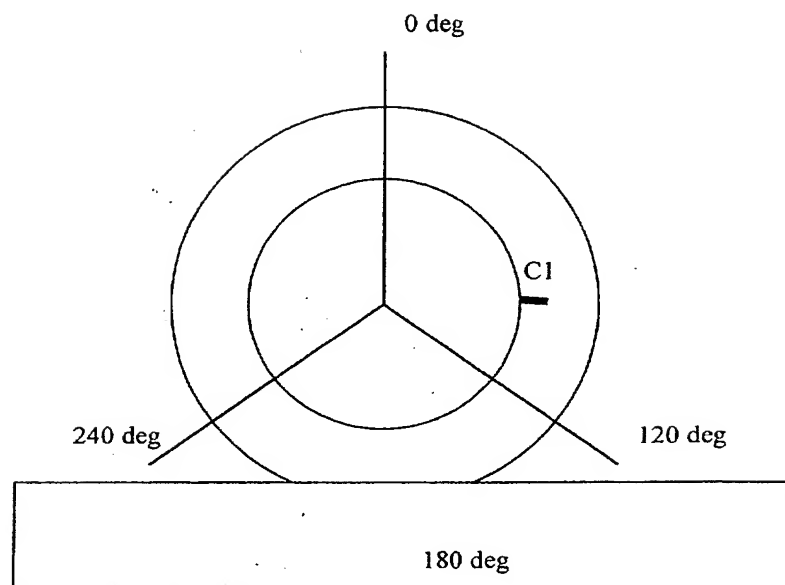


Figure 12

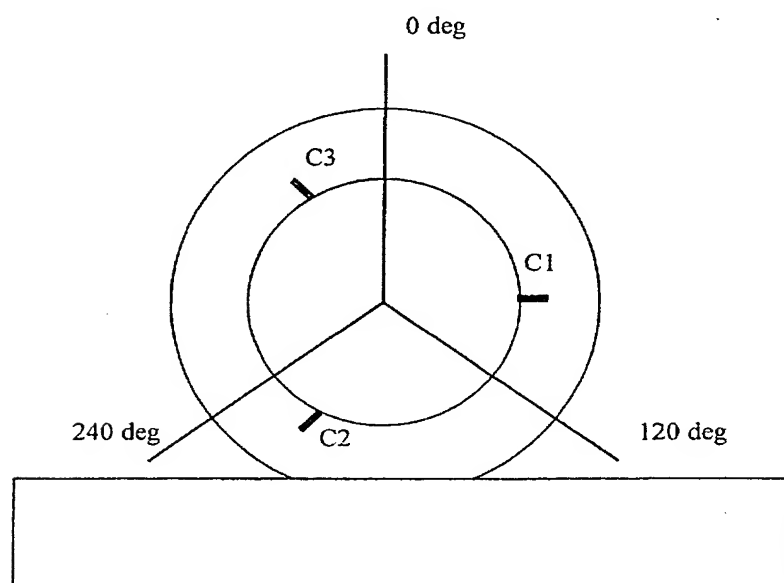


Figure 13

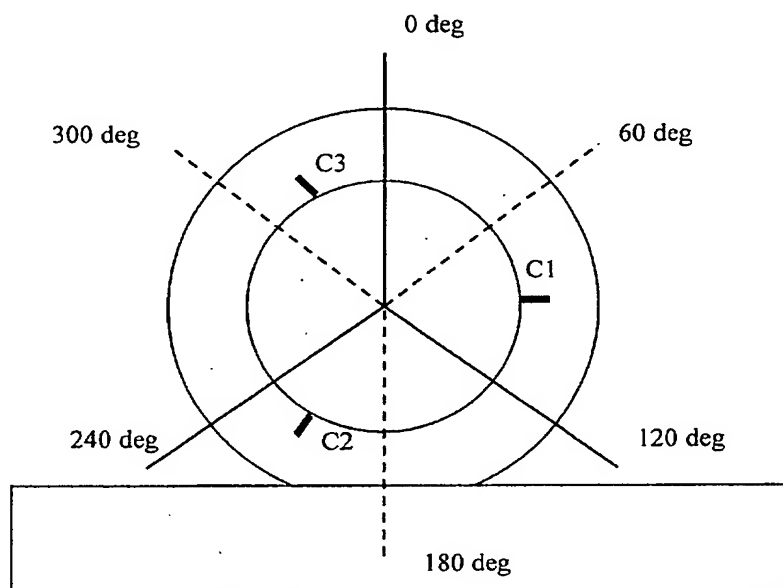


Figure 14



THIS PAGE BLANK (USPTO)